

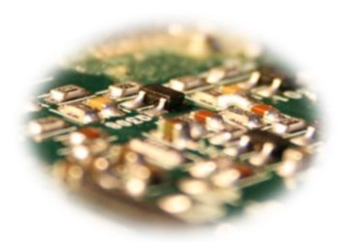
Министерство общего и профессионального образования
Свердловской области
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Камышловский техникум промышленности и транспорта

Потапова О.А.
Преподаватель спецдисциплин

Методическая разработка для самостоятельной работы студентов

по учебной дисциплине

«Основы электроники и цифровой схемотехники»



Конспект предназначен для студентов очной формы обучения по профессиям 09.01.02 «Наладчик компьютерных сетей" и 09.01.03 «Мастер по обработке цифровой информации»

г.Камышлов 2015г

Аннотация

Основы электроники и цифровой схемотехники – дисциплина, которая изучает основы построения аппаратных средств аналоговых и цифровых устройств, в том числе электронных вычислительных машин (ЭВМ), а также аппаратуры передачи данных и связи.

В рамках дисциплины рассматриваются принципы работы простейших радиоэлементов и элементная база аналоговых и цифровых устройств, основные функциональные узлы ЭВМ и аппаратуры передачи данных, логические элементы, триггеры, а также принципы организации и функционирования полупроводниковой памяти, принципы работы и организации микропроцессоров, микропроцессорных систем и устройств, входящих в состав этих систем. В конспекте имеются варианты практических заданий для самостоятельной работы студентов по каждой теме, а также перечень вопросов для самоконтроля, варианты тем для сообщений (докладов) . В конце конспекта приведены ссылки на основные и дополнительные источники, которые могут быть использованы студентами в качестве инструментария к выполнению самостоятельной работы

Количество страниц : __22___

Введение

Основы электроники и цифровой схемотехники – это дисциплина, которая изучает основы построения аппаратных средств аналоговых и цифровых устройств, в том числе электронных вычислительных машин (ЭВМ), а также аппаратуры передачи данных и связи.

В рамках дисциплины рассматриваются принципы работы простейших радиоэлементов и элементная база аналоговых и цифровых устройств, основные функциональные узлы ЭВМ и аппаратуры передачи данных, логические элементы, триггеры, а также принципы организации и функционирования полупроводниковой памяти, принципы работы и организации микропроцессоров, микропроцессорных систем и устройств, входящих в состав этих систем.

Целью дисциплины является изучение принципов построения, совместной работы и методов проектирования различных узлов и устройств ЭВМ и микропроцессорных систем.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

Уметь:

- идентифицировать полупроводниковые приборы и элементы системотехники и определять их параметры;

Знать:

- основные сведения об электровакуумных и полупроводниковых приборах, выпрямителях, колебательных системах, антеннах; усилителях, операторах электрических сигналов;
- общие сведения о распространении радиоволн: принцип распространения сигналов в линиях связи; сведения о волоконно-оптических линиях; цифровые способы передачи информации;
- общие сведения об элементной базе схемотехники (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, микросхемы, элементы оптоэлектроники);
- логические элементы и логическое проектирование в базисах микросхем; функциональные узлы (дешифраторы, шифраторы, мультиплексоры, демультиплексоры, цифровые компараторы, сумматоры, триггеры, регистры, счетчики); запоминающие устройства; цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи

Поскольку объём предлагаемого конспекта лекций ограничен, основное внимание уделено принципам построения, работы и использования основных узлов ЭВМ и аппаратуры связи. Для закрепления теоретического материала предлагается выполнить практические задачи с привлечением программ моделирования и других специализированных

программ, с целью проверки результата решения и более глубокого изучения материала. Моделирование удобно выполнять, используя пакет «Electronics Workbench», который практически не требует времени на изучение собственно программного продукта, применяются специализированные программы для работы с маркировкой элементной базы схем и расчета параметров электронных устройств.

В конспекте лекций приводятся основные сведения об элементной базе и функциональном назначении устройств, принципах их работы и области применения.

Предложенный материал более подробно можно изучить, используя основную и дополнительную литературу.

Полного понимания дисциплины и умения использовать полученные знания для анализа работы цифровых устройств можно достичь, если подкрепить знания принципов работы основных узлов аналоговых и цифровых устройств, которые описываются в предлагаемом конспекте, выполнением лабораторных работ на компьютерах .

Раздел 1. Общие сведения об электронике и цифровой схемотехнике

Общие сведения об электронике

Возникновению электроники предшествовало изобретение радио. Поскольку радиопередатчики сразу же нашли применение (в первую очередь на кораблях и в военном деле), для них потребовалась элементная база, созданием и изучением которой и занялась электроника. Элементная база первого поколения была основана на электронных лампах. Соответственно получила развитие вакуумная электроника. Её развитию способствовало также изобретение телевидения и радаров, которые нашли широкое применение во время Второй мировой войны.

Но электронные лампы обладали существенными недостатками. Это прежде всего большие размеры и высокая потребляемая мощность (что было критичным для переносных устройств). Поэтому начала развиваться твердотельная электроника, а в качестве элементной базы стали применять диоды и транзисторы.

Дальнейшее развитие электроники связано с появлением компьютеров. Компьютеры, основанные на транзисторах, отличались большими размерами и потребляемой мощностью, а также низкой надежностью (из-за большого количества деталей). Для решения этих проблем начали применяться микросборки, а затем и микросхемы. Число элементов микросхем постепенно увеличивалось, стали появляться микропроцессоры. В настоящее время развитию электроники способствует появление сотовой связи, а также различных беспроводных устройств, навигаторов, коммуникаторов, планшетов и т. п.

Основными вехами в развитии электроники можно считать:

- изобретения А. С. Поповым радио (7 мая 1895 года), и начало использования радиоприёмников,
- изобретение Ли де Форестом лампового триода, первого усилительного элемента,
- использование Лосевым полупроводникового элемента для усиления и генерации электрических сигналов,
- развитие твердотельной электроники,
- использование проводниковых и полупроводниковых элементов (работы Иоффе, Шотки),
- изобретение в 1947 году транзистора (Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн),
- создание интегральной микросхемы и последующее развитие микроэлектроники, основной области современной электроники.

Технология получения элементов

Активные и пассивные элементы в твердотельной электронике создаются на однородном сверхчистом кристалле полупроводника, чаще всего кремния, методом инжекции или напыления новых слоев в определённых координатах тела кристалла атомов иных химических элементов, молекул более сложных, в том числе и органических веществ. Инжекция меняет свойства полупроводника в месте инжекции (легирования) меняя его проводимость на обратную, создавая таким образом диод или транзистор или пассивный элемент: резистор, проводник, конденсатор или катушку индуктивности, изолятор, теплоотводящий элемент и другие структуры. В последние годы широко распространилась технология производства источников света на кристалле. Огромное количество открытий и разработанных технологий использования твердотельных технологий ещё лежат в сейфах патентообладателей и ждут своего часа. Технологию получения полупроводниковых кристаллов, чистота которых позволяет создавать элементы размером в несколько нанометров, стали называть нанотехнологией, а раздел электроники — микроэлектроникой.

В 1970-е годы в процессе миниатюризации твердотельной электроники в ней наметился раскол на аналоговую и цифровую микроэлектронику. В условиях конкуренции на рынке производителей элементной базы победу одержали производители цифровой электроники. И в XXI веке производство и эволюция аналоговой электроники практически были остановлены. Так как в реальности все потребители микроэлектроники требуют от неё, как правило не цифровые, а непрерывные аналоговые сигналы или действия, цифровые устройства снабжены ЦАП-ами на своих входах и выходах. Миниатюризация электронных схем сопровождалась ростом быстродействия устройств. Так первые цифровые устройства ТТЛ технологии требовали микросекунды на переключение из одного состояния в другое и потребляли большой ток, требовавший специальных мер для отвода тепла.

В начале XXI века эволюция твердотельной электроники в направлении миниатюризации элементов постепенно приостановилась и в настоящее время практически остановлена. Эта остановка была предопределена достижением минимально возможных размеров транзисторов, проводников и других элементов на кристалле полупроводника ещё способных отводить выделяемое при протекании тока тепло и не разрушаться. Эти размеры достигли единиц нанометров и поэтому технология изготовления микрочипов называется нанотехнологией. Следующим этапом в эволюции электроники возможно станет оптоэлектроника, в которой несущим элементом выступит фотон,

значительно более подвижный, менее инерционный чем электрон/«дырка» в полупроводнике твердотельной электроники.

Основные твердотельные активные приборы, используемые в электронных устройствах:

- Диод проводник с односторонней проводимостью от анода к катоду используется для выпрямления переменного тока;
- Диод прибор с относительно стабильным пороговым напряжением анод-катод — стабилизатор напряжения, ограничитель напряжения;
- Диод прибор с нелинейной зависимостью ток-напряжение как усилитель или генератор СВЧ электрических сигналов: туннельный диод, лавинно-пролётный диод, диод Ганна, диод Шоттки;
- Биполярные транзисторы — транзисторы с двумя физическими p-n-переходами, ток Коллектор-Эмиттер которого управляется током База-Эмиттер;
- Полевой транзистор — транзистор, ток Исток-Сток которого управляется Напряжением на p-n- или n-p-переходе Затвор-Сток или потенциалом на нём в транзисторах без физического перехода — с затвором, гальванически изолированным от канала Сток-Исток;
- Диоды с управляемой проводимостью динисторы и тиристоры, используемые как переключатели, светодиоды и фотодиоды используемые как преобразователи э/м излучения в электрические сигналы или электрическую энергию или обратно;
- Интегральная микросхема — комбинация активных и пассивных твердотельных элементов на одном или нескольких кристаллах в одном корпусе, используемые как модуль, электронная схема в аналоговой и цифровой микроэлектронике.

Резисторы: классификация и основные параметры

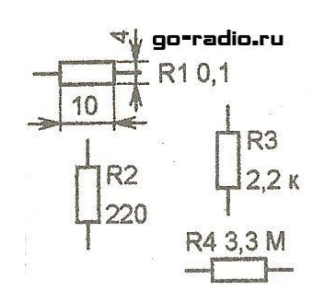


Рисунок 1. Условное обозначение резисторов на схеме

Резистор служит для ограничения тока в электрической цепи, создания падений напряжения на отдельных участках цепи, разделения пульсирующего тока на составляющие. Другое название резисторов – сопротивления. По сути, это просто игра слов, так как в переводе с английского resistance – сопротивление. Познакомимся с основными параметрами резисторов.

На принципиальной схеме резистор обозначен прямоугольником с двумя выводами. За рубежом резистор обозначают не прямоугольником, а ломаной линией. Рядом с условным обозначением указывается тип элемента (**R**) и порядковый номер (**R1**). Здесь же указан номинал сопротивления в Омах, если написана только цифра, или, к примеру, так 10 к. Это резистор на 10 килоОм (10кОм - 10 000 Ом).

Основные параметры резисторов.

- ***Номинальное сопротивление.***

Это заводское значение сопротивления конкретного прибора, измеряется это значение в Омах (производные килоОм, мегаОм). Диапазон сопротивлений простирается от долей Ома (0,01 – 0,1 Ом) до сотен и тысяч килоОм (100 кОм – 1МОм). Для каждой электронной цепи необходимы свои наборы номиналов сопротивлений. Поэтому разброс значений номинальных сопротивлений столь велик.

- ***Рассеиваемая мощность.***

При прохождении электрического тока через резистор происходит его нагрев. Если пропускать через резистор ток, превышающий заданное значение, то токопроводящее покрытие разогреется настолько, что резистор сгорит. Поэтому существует разделение резисторов по максимальной мощности.

Сама по себе мощность постоянного тока рассчитывается по простой формуле:

$$P_{(\text{Вт})} = U_{(\text{В})} * I_{(\text{А})}$$

Здесь, $P_{(\text{Вт})}$ – мощность; $U_{(\text{В})}$ – напряжение; $I_{(\text{А})}$ – ток.

Как видим, мощность зависит от напряжения и тока. В реальной цепи через резистор протекает определённый ток. Поскольку резистор обладает сопротивлением, то под действием протекающего тока резистор нагревается. На нём выделяется какое-то количество тепла. Это и есть та мощность, которая рассеивается на резисторе.

Если в схему установить резистор меньшей мощности рассеивания, чем требуется, то резистор будет нагреваться и в результате сгорит.

Стандартный ряд мощностей рассеивания резисторов состоит из значений:

- 0,125 Вт
- 0,25 Вт
- 0,5 Вт
- 1 Вт
- 2 Вт
- Более 2 Вт.

Чем больше резистор по размерам, тем, как правило, на большую мощность рассеивания он рассчитан.



Рисунок 2. Вид резисторов с различной мощностью рассеивания

Формула для расчета мощности резистора выглядит следующим образом:

$$P_{(\text{Вт})} = I^2_{(\text{А})} * R_{(\text{Ом})}$$

Где, $P_{(\text{Вт})}$ – мощность; $R_{(\text{Ом})}$ – сопротивление цепи (в данном случае резистора); $I_{(\text{А})}$ – ток, протекающий через резистор.

Есть и другая формула для расчёта мощности. Она применяется в том случае, если неизвестен ток, который протекает через резистор

$$P_{(\text{Вт})} = \frac{U^2_{(\text{В})}}{R_{(\text{Ом})}}$$

$P_{(\text{Вт})}$ – мощность; $U_{(\text{В})}$ – напряжение; $R_{(\text{Ом})}$ – сопротивление резистора

В реальную схему необходимо устанавливать резистор с мощностью в полтора – два раза выше рассчитанной.

Все расчёты следует производить, строго соблюдая размерность. Так, если сопротивление резистора не 100 Ом, а 1 кОм, то в формулу нужно подставить значение в Омах, т.е. 1000 Ом (1 кОм = 1000 Ом). Тоже правило касается и других величин (тока, напряжения).

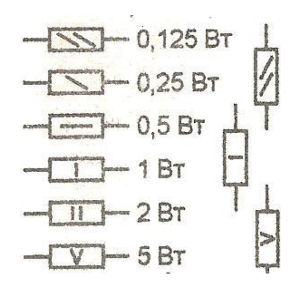


Рисунок 3. Условное обозначение мощности резистора на схеме

На принципиальном обозначении резистора внутри прямоугольника мощность обозначается наклонной, вертикальной или горизонтальной чертой. На рисунке обозначено соответствие принципиального графического обозначения и мощности резистора.

К примеру, если через резистор потечёт ток 0,1А (100mA), а резистор имеет номинальное сопротивление 100 Ом, то необходим резистор на мощность 1 Вт. Если вместо этого применить резистор на 0,5 Вт, то резистор выйдет из строя. Мощные резисторы применяются в сильноточных цепях, например блоках питания, там, где протекают большие токи.

Если необходим резистор мощностью более 2 Вт (5 Вт и более) на принципиальном обозначении внутри прямоугольника пишется римская цифра. Например, V- 5 Вт, X- 10 Вт, XII- 12 Вт.

Допуск.

При изготовлении резисторов не удаётся добиться абсолютной точности номинального сопротивления. Если на резисторе указано сопротивление 10 Ом, то реальное сопротивление будет в районе 10 Ом, может быть 9,88 Ом или 10,5 Ом. Это – погрешность. Допуск задаётся в процентах.

Строгая точность номиналов сопротивлений в обычной аппаратуре не всегда важна. Так, например, в бытовой электронике допускается использование резисторов с допуском ±20%.

Рассчитывается так (10 Ом /100%) * 20% = 2 Ом. Допуск составляет -2 Ом в сторону уменьшения, +2 Ом в сторону увеличения.

Существует аппаратура, где требуется высокая точность элементной базы - это прецизионная аппаратура. К ней относится медицинское оборудование, измерительные приборы, электронные узлы высокоточных систем, например, военных. В ответственной электронике используются

высокоточные резисторы, допуск их составляет десятки и сотни долей процента (0,1-0,01%). Иногда такие резисторы можно встретить и в бытовой электронике.

Задание для самостоятельного выполнения

1. По маркировке резисторов определите соответствие номинальным значениям сопротивления:

№п./Вар	В1	В2	В3	В4	В5	В6	В7	В8	В9	В10
1	5Ω	M70	120Ω	K200	85K2	R400	9R9	7R7	M100	4Ω
2	12R0	2M	M80	85Ω	K30	60K4	R560	100K	84R0	M200
3	10k	30Ω	5R5	M90	3Ω	K420	90K	R120	110K	100R
4	K100	R10	1K	10R6	M100	175Ω	K654	9K9	R90	130K
5	M500	56K	R15	5K	12R0	M110	200Ω	K852	8K8	R11
6	5M	8K5	32K0	R820	10K	32R8	M120	500Ω	K963	5K5
7	120K	K500	K1000	7K7	R200	32K	42R4	M130	10Ω	K987

2. По условному обозначению резистора определить мощность рассеивания

№п./Вар	В1	В2	В3	В4	В5	В6	В7	В8	В9	В10
1										

3. Определите параметры резисторов, если заведомо известны величины

№п./Вар	Сопротивление	Мощность рассеивания		
В1	$U_{(В)}$= 10 $I_{(А)}$=0,1	$U_{(В)}$= 10 $I_{(А)}$=0,1	$I_{(А)}$= 0,125 $R_{(Ом)}$= 10	$U_{(В)}$= 12,5 $R_{(Ом)}$= 10
В2	$U_{(В)}$= 12 $I_{(А)}$=0,2	$U_{(В)}$= 12 $I_{(А)}$=0,2	$I_{(А)}$= 0,25 $R_{(Ом)}$= 5	$U_{(В)}$= 10 $R_{(Ом)}$= 5
В3	$U_{(В)}$=15 $I_{(А)}$=0,35	$U_{(В)}$=15 $I_{(А)}$=0,35	$I_{(А)}$= 0,10 $R_{(Ом)}$= 100	$U_{(В)}$= 8 $R_{(Ом)}$= 100
В4	$U_{(В)}$=20 $I_{(А)}$=0,55	$U_{(В)}$=20 $I_{(А)}$=0,55	$I_{(А)}$= 0,5 $R_{(Ом)}$=120	$U_{(В)}$= 5 $R_{(Ом)}$= 120
В5	$U_{(В)}$=36 $I_{(А)}$=0,9	$U_{(В)}$=36 $I_{(А)}$=0,9	$I_{(А)}$= 0,48 $R_{(Ом)}$=80	$U_{(В)}$= 12 $R_{(Ом)}$= 80
В6	$U_{(В)}$=42 $I_{(А)}$=1,2	$U_{(В)}$=42 $I_{(А)}$=1,2	$I_{(А)}$= 1 $R_{(Ом)}$= 10	$U_{(В)}$= 15 $R_{(Ом)}$= 10
В7	$U_{(В)}$=5 $I_{(А)}$=0,01	$U_{(В)}$=5 $I_{(А)}$=0,01	$I_{(А)}$= 1,1 $R_{(Ом)}$=100	$U_{(В)}$= 10 $R_{(Ом)}$= 100
В8	$U_{(В)}$=3,3 $I_{(А)}$=0,005	$U_{(В)}$=3,3 $I_{(А)}$=0,005	$I_{(А)}$= 1,2 $R_{(Ом)}$= 150	$U_{(В)}$= 24 $R_{(Ом)}$= 150

B9	$U_{(B)}$=5 $I_{(A)}$=0,15	$U_{(B)}$=5 $I_{(A)}$=0,15	$I_{(A)}$= 10 $R_{(Ом)}$=3000	$U_{(B)}$= 42 $R_{(Ом)}$= 3000
B10	$U_{(B)}$=12 $I_{(A)}$=0,25	$U_{(B)}$=12 $I_{(A)}$=0,25	$I_{(A)}$= 5 $R_{(Ом)}$= 1500	$U_{(B)}$= 12 $R_{(Ом)}$= 1500

4. Определить допустимое значение отклонения сопротивления, если известен допуск и номинальное значение сопротивления

Вар/ Допуск (отклонение),%	5%	10%	15%	20%	1%	2%
B1	120K					
B2	32K5					
B3	3200					
B4	5000					
B5	450					
B6	850					
B7	6200					
B8	70K					
B9	940					
B10	2900					

Соединение резисторов

Соединение резисторов в различные конфигурации очень часто применяются в электротехнике и электронике.

Соединение резисторов может производиться последовательно, параллельно и смешанно (то есть и последовательно и параллельно), что показано на рисунке 4.

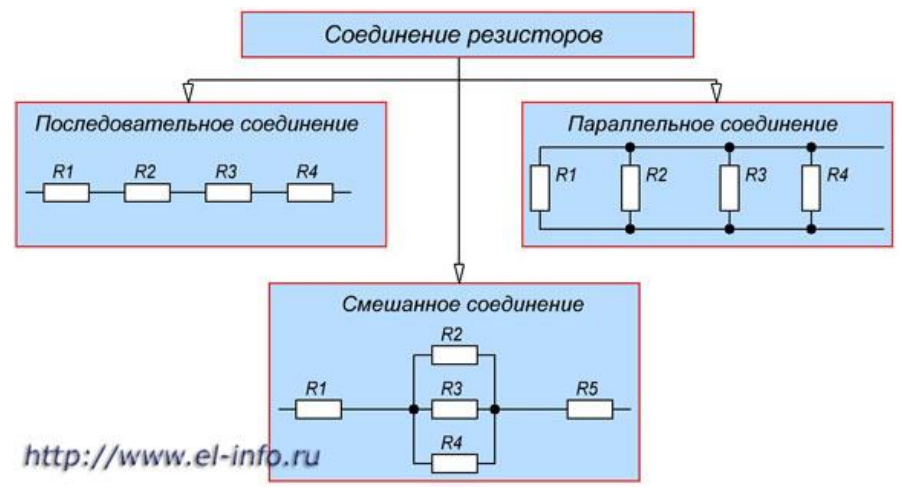


Рисунок 4. Соединение резисторов

Последовательное соединение резисторов это такое соединение, в котором конец одного резистора соединен с началом второго резистора, конец второго резистора с началом третьего и так далее (рисунок 5).

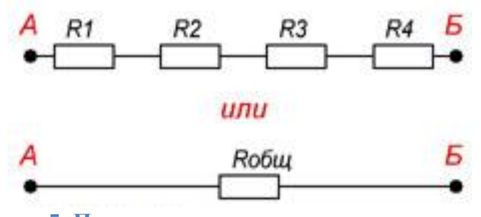


Рисунок 5. Последовательное соединение резисторов

То есть при последовательном соединении резисторы подключатся друг за другом. При таком соединении через резисторы будет протекать один общий ток. Следовательно, для последовательного соединения резисторов будет справедливо сказать, что между точками А и Б есть только один единственный путь протекания тока. Таким образом, чем больше число последовательно соединенных резисторов, тем большее сопротивление они оказывают протеканию тока, то есть общее сопротивление Rобщ возрастает. Рассчитывается общее сопротивление последовательно соединенных резисторов по следующей формуле:

$$R_{общ} = R1 + R2 + R3 + ... + Rn.$$

Параллельное соединение резисторов это соединение, в котором начала всех резисторов соединены в одну общую точку (А), а концы в другую общую точку (Б) (см. рисунок 6).

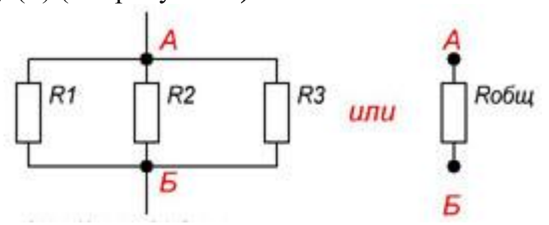


Рисунок 6. Параллельное соединение резисторов

При этом по каждому резистору течет свой ток. При параллельном соединении при протекании тока из точки А в точку Б, он имеет несколько путей.

Таким образом, увеличение числа параллельно соединенных резисторов ведет к увеличению путей протекания тока, то есть к уменьшению противодействия протеканию тока. А это значит, чем большее количество резисторов соединить параллельно, тем меньше станет значение общего сопротивления такого участка цепи (сопротивления между точкой А и Б.)

Общее сопротивление параллельно соединенных резисторов определяется следующим отношением:

1/Rобщ= 1/R1+1/R2+1/R3+…+1/Rn

Следует отметить, что здесь действует правило «меньше - меньшего». Это означает, что общее сопротивление всегда будет меньше сопротивления любого параллельно включенного резистора.

Общее сопротивление для двух параллельно соединенных резисторов рассчитывается по следующей формуле:

Rобщ= R1*R2/R1+R2

Если имеет место два параллельно соединенных резистора с одинаковыми сопротивлениями, то их общее сопротивление будет равно половине сопротивления одного из них.

Смешанное соединение резисторов является комбинацией последовательного и параллельного соединения. Иногда подобную комбинацию называют последовательно-параллельным соединением.

На рисунке 7 показан простейший пример смешанного соединения резисторов.

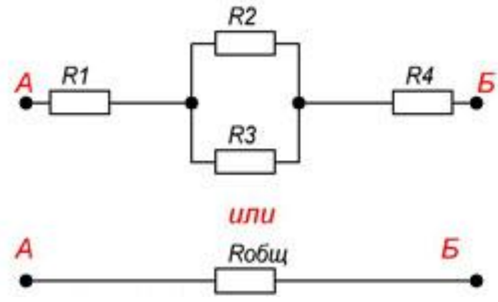


Рисунок 7. Смешанное соединение резисторов

На этом рисунке видно, что резисторы R2 R3 соединены параллельно, а R1, комбинация R2 R3 и R4 последовательно. Для расчета сопротивления таких соединений, всю цепь разбивают на простейшие участки, из параллельно или последовательно соединенных резисторов. Далее следуют следующему алгоритму:

1. Определяют эквивалентное сопротивление участков с параллельным соединением резисторов.
2. Если эти участки содержат последовательно соединенные резисторы, то сначала вычисляют их сопротивление.
3. После расчета эквивалентных сопротивлений резисторов перерисовывают схему. Обычно получается цепь из последовательно соединенных эквивалентных сопротивлений.
4. Рассчитывают сопротивления полученной схемы.

Пример расчета участка цепи со смешанным соединением резисторов приведен на рисунке 8.

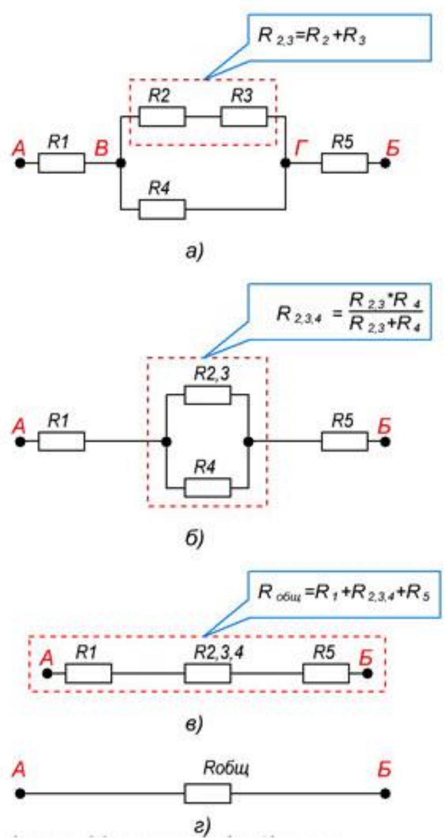


Рисунок 8. Расчет сопротивления участка цепи при смешанном соединении резисторов

Задания для самостоятельного выполнения:

1. Рассчитайте общее сопротивление цепи при последовательном, параллельном и смешанном соединении резисторов, начертите схему соединения, если схема содержит 5 резисторов .
2. Данные для построения схемы:
   Последовательное соединение – R1,R2,R3,R4,R5 соединены последовательно
   Параллельное соединение - R1,R2,R3,R4,R5 соединены параллельно

Смешанное соединение – R1,R5, R2-3-4соединены последовательно относительно всей схемы, R2,R3,R4 соединены параллельно относительно друг друга

№п./Вар	В1	В2	В3	В4	В5	В6	В7	В8	В9	В10
1	5Ω	M70	120Ω	K200	85K2	R400	9R9	7R7	M100	4Ω
2	12R0	2M	M80	85Ω	K30	60K4	R560	100K	84R0	M200
3	10k	30Ω	5R5	M90	3Ω	K420	90K	R120	110K	100R
4	K100	R10	1K	10R6	M100	175Ω	K654	9K9	R90	130K
5	M500	56K	R15	5K	12R0	M110	200Ω	K852	8K8	R11

Расчет сопротивления цепи можно выполнить с помощью специальной программы – калькулятора, онлайн версию программы можно найти по адресу http://cxem.net/calc/resistor_parallel_calc.php

Маркировка резисторов

Кодированное обозначение номинального сопротивления, допуска и примеры обозначения

Кодированное обозначение номинальных сопротивлений резисторов состоит из трёх или четырёх знаков, включающих две цифры и букву или три цифры и букву. Буква кода является множителем, обозначающим сопротивление в омах, и определяет положение запятой десятичного знака. Кодированное обозначение допускаемого отклонения состоит из буквы латинского алфавита (табл. 1).

Таблица 1

Сопротивление		**Допуск**		**Примеры обозначения**	
Множитель	**Код**	**Допуск, %**	**Код**	**Полное обозначение**	**Код**
1	K(E)	±0,1	B(Ж)	3,9 Ом±5%	3R9J

		±0,25	C(У)	215 Ом±2%	215RG
10^3	K(K)	±0,5	D(Д)	1 кОм±5%	1KOJ
		±1	F(P)	12,4 кОМ±1%	12K4F
10^6	M(M)	±2	G(Л)	10 кОм±5%	10KJ
		±5	J(И)	100 кОм±5	M10J
10^9	G(Г)	±10	K(C)	2,2 МОм±10%	2M2K
		±20	M(B)	6,8 ГОм±20%	6G8M
10^{12}	T(T)	±30	N(Ф)	1 ТОм±20%	1TOM

Примечание: В скобках указано старое обозначение.

Цветовая маркировка наносится в виде четырёх или пяти цветных колец. Каждому цвету соответствует определённое цифровое значение (табл. 2). У резисторов с четырьмя цветными кольцами первое и второе кольца обозначают величину сопротивления в омах, третье кольцо - множитель, на который необходимо умножить номинальную величину сопротивления, а четвертое кольцо определяет величину допуска в процентах.

Цветовая маркировка номинального сопротивления и допуска отечественных резисторов.

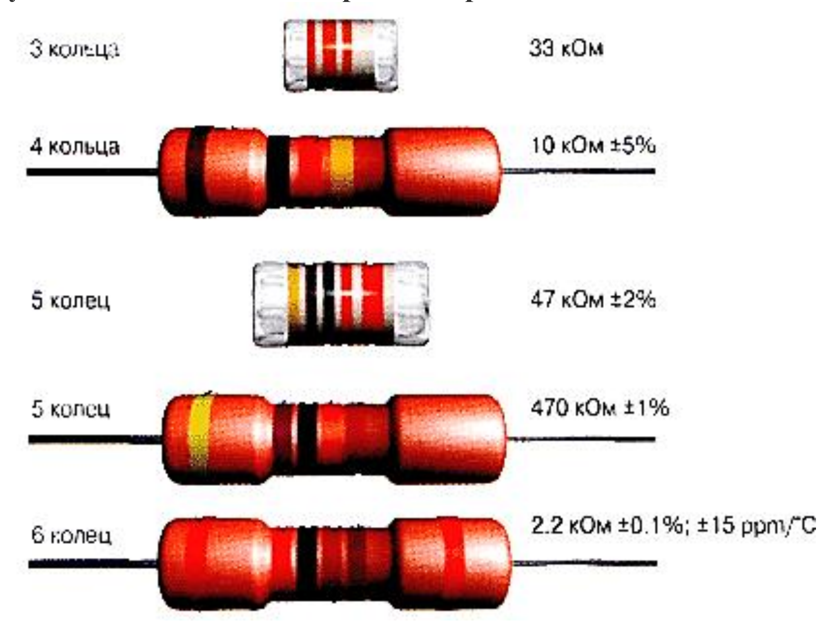


Рисунок 9. Маркировка отечественных резисторов

Таблица 2

Цвет знака	Номинальное сопротивление, Ом				Допуск, %	ТКС [ppm/°C]
	Первая цифра	Вторая цифра	Третья цифра	Множитель		
Серебристый				10^{-2}	±10	
Золотистый				10^{-1}	±5	
Черный		0	0	1		
Коричневый	1	1	1	10	±1	100

Красный	2	2	2	10^2	±2	50
Оранжевый	3	3	3	10^3		15
Желтый	4	4	4	10^4		25
Зеленый	5	5	5	10^5	0,5	
Голубой	6	6	6	10^6	±0,25	10
Фиолетовый	7	7	7	10^7	±0,1	5
Серый	8	8	8	10^8	±0,05	
Белый	9	9	9	10^9		1

Существует несколько разновидностей маркировки резисторов зарубежных и отечественных производителей. Более подробную информацию о маркировке можно найти в интернете. Приведу в качестве примера одну из ссылок на ресурс по адресу http://www.radioradar.net/hand_book/hand_books/rezistor.html

Рассчитывается сопротивление по цветным полосам так. Например, три первых полосы – красные, последняя четвёртая золотистого цвета. Тогда сопротивление резистора 2,2 кОм = 2200 Ом.

Первые две цифры согласно красному цвету – 22, третья красная полоса, это множитель. Стало быть по таблице множитель для красной полосы - 100. На множитель необходимо умножить число 22. Тогда, 22 * 100 =2200 Ом. Золотистая полоса соответствует допуску в 5%. Значит, реальное сопротивление может быть в пределе от 2090 Ом (2,09 кОм) до 2310 Ом (2,31 кОм). Мощность рассеивания зависит от размеров и конструктивного исполнения корпуса.

Иногда нет возможности прочитать цветовую маркировку резистора (забыли таблицу, стёрта/повреждена сама маркировка) и

узнать его точное сопротивление. В таком случае можно измерить сопротивление мультиметром.

Задание для самостоятельного выполнения:

1. Расшифруйте кодовую маркировку приведенных ниже в задании резисторов.
2. По результатам выполнения первого задания закодируйте полученные номиналы с использованием цветовой маркировкой

№П.П/ВАР	В1	В2	В3	В4	В5	В6	В7	В8	В9	В10
1	3R9J	12TOM	147RG	1G8M	2TOM	M50J	40KJ	8T7M	62M2K	40KJ
2	215RG	4R8J	8G8M	4TOM	4M5K	3TOM	56G8M	2M2K	500KJ	M40J
3	1KOJ	512RG	2R5J	7M7K	9G7M	4G7M	7M5K	110KJ	M70J	40M2K
4	12K4F	2KOJ	9TOM	6R5J	M30J	5M2K	6T8M	M1J	88G4M	4T6M
5	10KJ	21K4F	3K3J	258RG	8R2J	20KJ	M50J	45G8M	17K7J	68K4F
6	M10J	13KJ	32K4F	4K6J	456RG	6R4J	24K4F	16K7F	6TOM	97K5J
7	2M2K	M5J	54KJ	22K5F	2K4J	945RG	7R6J	6K7J	19K4F	620RG
8	6G8M	4M2K	M60J	40KJ	15K4F	13K6J	654RG	55R8J	188RG	82R9J
9	1TOM	9G4M	7M2K	M60J	14KJ	45K4F	9K5J	320RG	99R9J	84G7M
10	987KJ	44K4F	65K3J	110RG	25R2J	760KJ	M80J	39G8M	202K2J	102K6F

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение резистору.
2. Как резисторы обозначаются на схемах.
3. Перечислите параметры резисторов .
4. Для чего необходимо рассчитывать параметры резисторов .Какие требования предъявляются к резисторам в реальных схемах.
5. От чего зависит мощность рассеивания резистора.
6. Какие виды соединений резисторов используются в практических схемах.
7. Как измениться общее сопротивление электрической цепи, если вместо последовательного соединения использовать параллельное.
8. В каких случаях используется цветовая маркировка резисторов.
9. Каким прибором можно измерить сопротивление.
10. Существуют ли электронные программы для определения номинала сопротивления. Если да, то укажите название программ.